

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

Tutkintotyö

Juha Matinlompola

KATAPULTIN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN TESTAUSLAITTEISTO

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2007

DI Mikko Numminen
Insinööritoimisto Comatec Oy, valvoja ins. Kalle Korento

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Automaatiotekniikka

Matinlompola, Juha

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Kesäkuu 2007

Hakusanat

Katapultin sähköjärjestelmän testauslaitteisto

18 sivua + 48 liitesivua

DI Mikko Numminen

Insinööritoimisto Comatec Oy, valvoja ins. Kalle Korento

Katapultti, sähköjärjestelmä, testaus

TIIVISTELMÄ

Työssä tarkastellaan tiedustelu- ja maalilennokkien laukaisuun tarkoitettua katapultin sähköistä ohjausjärjestelmää ja sen testaukseen liittyviä asioita.

Tarkoituksena on laatia ympäristö, jossa katapultin sähköjärjestelmää voidaan testata ilman katapultin läsnäoloa. Tästä syystä testauslaitteen toiminnan on oltava täysin samankaltainen kuin katapultin.

Tämänkaltaista laitteistoa tiedustelu- ja maalilennokkien testaamiseen ei ole ollut olemassa, joten on nähty tarpeelliseksi kehittää testauslaitteisto varaosiksi lähtevien osien toiminnan testaamiseen.

Työn tuloksena saatiin sähkökaaviot ja layoutpiirustukset sekä asennusohjeet, joiden perusteella laite voidaan rakentaa. Lisäksi työn tuloksena saatiin käyttöohjeet testauslaitteiston käyttäjälle.

TAMPERE POLYTECHNIC

Electrical engineering

Automation engineering

Matinlompolo, Juha

Engineering thesis

Thesis supervisor

Commissioning company

June 2007

Keywords

Testing environment for electrical control system of a launcher

18 pages + 48 appendix pages

MSc. Mikko Numminen

Engineering office Comatec Oy, supervisor eng. Kalle Korento

Launcher, electrical control system, testing environment

ABSTRACT

This report examines the electrical control system of a launcher that is used to launch reconnaissance and target UAVs and issues that must be considered when designing a testing environment for the launcher. Goal of this report is to design a testing environment to be used to ensure that the control system of the launcher is working. Operation of the testing environment must be exactly the same as the operation of the launcher. Reason for this is that it is required that the testing environment must be fully operational with the electrical control system of the launcher without the launcher being on the spot. This kind of equipment to test a launcher that is used to launch UAVs has not been available. This is why it has been necessary to develop an environment to ensure that parts to be sent as spare parts are working. As a result of this report electrical and layout drawings have been made. Operational instructions have also been devised.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Insinööritoimisto Comatec Oy:tä mahdollisuudesta tehdä insinöörityö kiinnostavasta aiheesta. Lisäksi haluan kiittää Kalle Korentoa ja Tero Määttäa saamistani neuvoista ja ohjeistuksesta insinöörityöhön liittyen.

Tampereella kesäkuussa 2007

Juha Matinlompolo

Lyhenteet ja niiden merkitykset:

RCP = Katapultin kauko-ohjain, käytetään myös testauksessa

OP1 = Katapultin sähkökeskus

TC1 = Testauskaappi

PWM = Pulssinleveysmodulaatio

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	6
1. JOHDANTO	7
1.1. Tehtävän kuvaus ja tavoitteet	7
1.2. Insinööritoimisto Comatec Oy	8
1.3. Pulssinleveysmodulaatio	10
1.4. CAN-väylä	11
1.5. American wire gauge	11
2. KATAPULTTI	13
2.1. Laukaisu	13
2.2. Katapultin teknisiä tietoja ja vaatimuksia	13
3. TESTAUSLAITTEISTO	13
3.1. Testauslaitteiston perusosat	13
3.2. Testauskaappi	13
3.3. Testauskaapin toiminta	13
3.3.1. Kytkimet	14
3.3.2. LEDit	14
3.3.3. IFM Smartcontroller CR2500	14
3.3.4. Analogiaviestit	14
3.3.5. Muuntaja	14
3.3.6. Apujännitesyöttö lennokille	14
3.4. Kauko-ohjain	15
4. DOKUMENTOINTI	15
4.1. Kaapelointikaaviot ja riviliitinkaaviot	15
4.2. Piirikaaviot	16
4.3. Layout-piirustukset	16
4.4. Osaluettelo	16
4.5. Kaapeliluettelo	16
4.6. Piirustusluettelo	16
5. YHTEENVETO	17
LÄHTEET	18
LIITTEET	
1. Riviliitinkaaviot	
2. Piirikaaviot	
3. Kaapelointikaaviot	
4. Layout-piirustukset	
5. Osaluettelot	
6. Kaapeliluettelo	
7. Piirustusluettelo	

Liitteet on poistettu luottamuksellisuuden vuoksi

1. JOHDANTO

1.1. Tehtävän kuvaus ja tavoitteet

Tässä työssä on tarkoitus suunnitella ja toteuttaa järjestelmä, jolla voidaan suorittaa tiedustelu- ja maalilennokkien laukaisuun tarkoitetun katapultin tai sen osien testaamista. Katapultti on Robonic Oy:n katapultti, mallia MC2555LLR. Työssä on tarkoitus suunnitella testausympäristö katapultin varaosiksi menevien komponenttien testaamiseen ilman, että itse katapultin on oltava paikalla. Varaosista puhuttaessa tarkoitetaan katapultin sähkökaappia, kauko-ohjainta ja kauko-ohjaimen kaapelia.

Sähkökaapin testauksen päämääränä on nähdä, että kaappi toimii oikein. Toisin sanoen lähdöt katapultin venttiileille toimivat ja anturitulot käsitellään oikein. Testauslaitteistolla on myös kyettävä havaitsemaan, että mittauslogiikka toimii oikein ja että se lähettää tietoa kauko-ohjaimen näytölle.

Kauko-ohjaimen testauksessa on tarkoituksena nähdä, että kauko-ohjain toimii oikein, eli näyttö ja merkkivalot toimivat. Tarkoituksena on myös saada simuloitua laukaisun nopeustiedot, kuten oikeassa laukaisussa. Lisäksi on pystyttävä testaamaan, toimivatko kauko-ohjaimen painikkeet oikein.

Kauko-ohjaimen kaapelin testauksessa on tarkoituksena yksinkertaisesti todeta, että kaapelin militääriliittimet on oikein kytketty.

Tehtävään kuuluu myös testauslomakkeen laadinta testauslaitteiston käyttäjille. Työ tehdään insinööritoimisto Comatec Oy:lle, jonka asiakas Robonic Oy on.

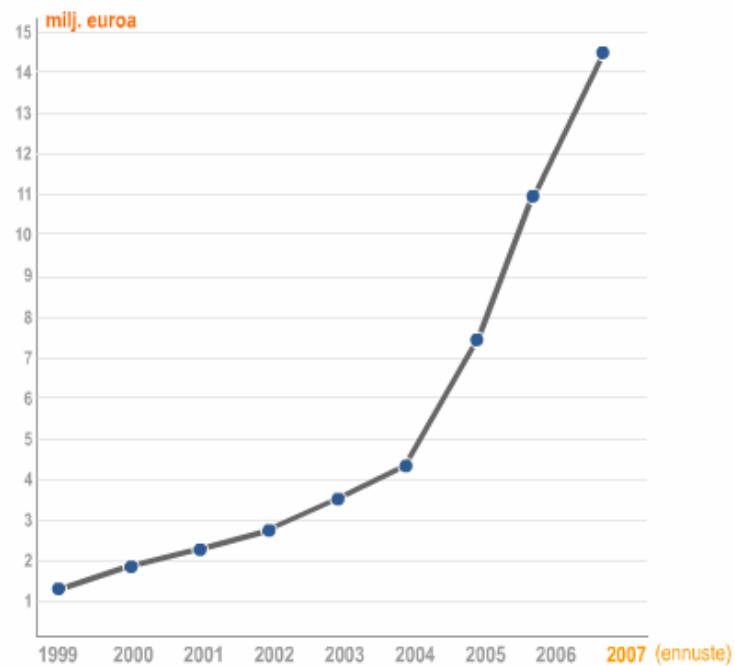
1.2. Insinööritoimisto Comatec Oy

Comatec Oy on perustettu vuonna 1986. Sen perustajana oli Aulis Asikainen, joka toimii nykyään konsernin toimitusjohtajana ja on edelleen yksi yhtiön omistajista. Comatec Oy:llä on toimipisteitä Tampereella, Helsingissä, Lahdessa, Turussa ja Hämeenlinnassa. Konsernissa työskentelee yli 200 henkilöä. Konserniin kuuluvat lisäksi painelaite- ja kattilasuunnitteluun erikoistunut Rantotek Oy ja insinööritoimisto Linnaatek Oy. /12/

Comatec Oy tarjoaa projekteihin koko teknisen palveluketjun tarjousvaiheesta asennusvalvontaan asti. Suurin osa Comatec Oy:n tarjoamista palveluista muodostuu suunnittelutoimeksiannoista, kuten mekaniikkasuunnittelusta ja sähkö- ja automaatiosuunnittelusta. Comatec Oy laatii myös tuotedokumentit, käyttö- ja huoltokirjat sekä varaosakirjat. Lisäksi Comatec Oy tarjoaa konsultointia, projektinhoitoa sekä LCC/RAMS-analyysyjä eli elinkaarikustannuslaskentaa ja "luotettavuus-käytettävyyshuollettavuus-turvallisuus" -analyysyjä. /1/

Comatec Oy:n toimialoihin kuuluvat liikkuvat työkoneet, tuotantolaitteet, liikennevälineet ja teollisuusautomaatio. Tuotantolaitteisiin kuuluvat materiaalinkäsittelyjärjestelmät ja koneenrakennus. Liikennevälineisiin puolestaan kuuluvat kiskokalusto ja laivanrakennus. /1/

Comatec Oy:n liikevaihto on kasvanut vuosien ajan tasaisesti. Vuodesta 2005 lähtien kasvu on ollut todella huomattavaa. [Kuva 1]



Kuva 1 Comatec:n liikevaihdon kasvu vuosina 1999-2007 /1/

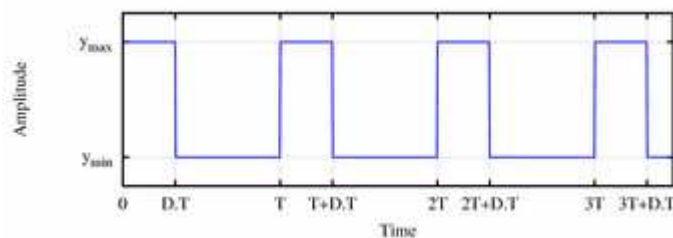
Comatec Oy:n henkilöstön määrä on myös kasvanut vuosien ajan. Vuodesta 2005 vuoteen 2006 henkilöstön määrän kasvu oli todella suuri. [Kuva 2]



Kuva 2 Comatec:n henkilöstön määrän kasvu vuosina 1999-2007 /1/

1.3. Pulssinleveysmodulaatio

Pulssinleveysmodulaatio eli PWM on modulointitapa, jossa pulssin työjaksoa moduloidaan niin, että sen keskiarvona yhden värähtelyjakson aikana syntyy modulisignaalin arvoa vastaava arvo [kuva 3]. Pulssinleveysmodulaatiota käytetään muun muassa hakkurityyppisissä jännitelähteissä ja sähkömoottoreiden sekä monenlaisten valaisimien tehonsäädössä. /2/



Kuva 3 Pulssinleveysmodulaatio /2/

Pulssileveysmodulaation avulla voidaan tehokkaasti käyttää analogiapiirejä digitaalisten ulostulojen avulla. Tässä työssä pulssinleveysmodulaatiota on käytetty katapultin eri analogiasignaalien eli laukaisu- ja jarrupaineen sekä konehuoneen lämpötilan simulointiin. Tämä on suunniteltu niin, että kun työjakson suhde koko jaksoon on 100 %, milliampeeriviestin arvo on 20 mA ja kun työjakson suhde koko jaksoon on 0 %, milliampeeriviestin arvo on 4 mA. Jännitesyötön pulssinleveysmodulaatiota käytetään, sillä testauslaitteistossa käytetyn ohjelmoitavan logiikan virtalähdöissä pienin mahdollinen virtamäärä on 100 mA.

1.4. CAN-väylä

Katapultin nopeustietoa käsitellään CAN-väylän (Controller Area Network) avulla. Katapultin laukaisuradan päässä on rengas, joka pyörii laukaisussa käytettävän köyden mukana. Renkaaseen on kiinnitetty pulssianturi. Pulssianturin pyöriessä se lähettää nopeustietoa tai vaihtoehtoisesti paikkatietoa CAN-väylään. Väylää pitkin tieto kulkee katapultin sähkökaapissa sijaitsevalle logiikalle, joka lähettää sen suoraan eteenpäin kaukosäätimen näytölle, jos anturi on asetettu lähettämään nopeustietoa. Jos kuitenkin anturi on asetettu lähettämään paikkatietoa, logiikka ohjelmoidaan siten, että se ensin laskee paikkatiedon muutoksesta nopeuden ja lähettää lasketun arvon näytölle. Logiikka on yleensä ohjelmoitu siten, että se jättää kauko-ohjaimen näytölle näkyviin suurimman laukaisun aikana olleen nopeuden.

CAN-väylä suunniteltiin alun perin autojen hajautettujen ohjausjärjestelmien reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon. CAN-väylää sovelletaan kuitenkin laajasti myös muissa tuotteissa, kuten busseissa, hisseissä, lääketieteellisissä laitteissa, ohjelmoitavissa logiikoissa ja työkoneissa. CAN sopii periaatteessa mihin tahansa koneeseen, jossa on kysymys lyhyistä tiedonsiirtoetäisyyksistä ja tarpeena on reaaliaikainen prosessorien välinen kommunikointi, jossa sanomat ovat lyhyitä. /3/

CAN ei ole periaatteeltaan kenttäväylä, vaan pikemminkin laitteen tai koneen sisäinen prosessoriverkko, jonka tehtävänä on tehdä eri solmujen tilamuuttujat toisilleen näkyviksi, että järjestelmän rinnakkainen ohjaus olisi mahdollista. /3/

1.5. American wire gauge

American wire gauge (AWG) on amerikkalainen johtimen paksuuden eli poikkipinta-alan ilmoittamiseen käytetty yksikkö. Kaikki katapultin johtimet on määritelty käyttäen AWG-mitoitusta. Tämän takia tässäkin työssä johtimien mitoitus tehdään AWG-mitoituksen avulla.

AWG:n kasvavat numerot tarkoittavat aina pienempää johtimen poikkipinta-alaa. Johtimessa kulkeva maksimivirta määrää kuinka suuri johtimen poikkipinta-alan on oltava. Toisaalta johdonsuojakatkaisijan nimellisvirta määrää johtimessa kulkevan virran. Johtimien mitoitukset voidaan siis tehdä suoraan johdonsuojakatkaisijoiden nimellisvirtojen avulla. Tavallinen ”normaalikäytössä” käytetty johdin on yleensä luokkaa AWG14 tai AWG16. /4/

AWG-mitoituksen ja johtimen poikkipinta-alan suhde on nähtävissä taulukossa [1].

Taulukko 1 AWG-muunnostaulukko /5/

AWG	mm ²
40	0,005
39	0,006
38	0,008
37	0,010
36	0,013
35	0,016
34	0,020
33	0,026
32	0,032
31	0,040
30	0,051
29	0,065
28	0,080
27	0,104
26	0,128
25	0,162
24	0,205
23	0,259
22	0,324
21	0,412
20	0,519
19	0,653
18	0,823
17	1,040
16	1,306
15	1,652
14	2,082
13	2,627
12	3,306
11	4,168
10	5,262
9	6,632
8	8,387
7	10,551
6	13,289
5	16,766
4	21,149
3	26,665
2	33,624
1	42,409

AWG-muunnostaulukosta voidaan lukea tietyn AWG:n arvon johtimen poikkipinta-ala neliömillimetreinä. Muunnostaulukoita on myös muille pinta-alan yksiköille.

2. KATAPULTTI

Luku 2 on poistettu luottamuksellisuuden vuoksi

2.1. Laukaisu

Otsikko 2.1 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

2.2. Katapultin teknisiä tietoja ja vaatimuksia

Otsikko 2.2 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3. TESTAUSLAITTEISTO

Luku 3 on poistettu luottamuksellisuuden vuoksi

3.1. Testauslaitteiston perusosat

Otsikko 3.1 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.2. Testauskaappi

Otsikko 3.2 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.3. Testauskaapin toiminta

Otsikko 3.3 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.3.1. Kytkimet

Otsikko 3.3.1 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.3.2. LEDit

Otsikko 3.3.2 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.3.3. IFM Smartcontroller CR2500

Otsikko 3.3.3 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.3.4. Analogiaviestit

Otsikko 3.3.4 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.3.5. Muuntaja

Otsikko 3.3.5 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.3.6. Apujännitesyöttö lennokille

Otsikko 3.3.6 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

3.4. Kauko-ohjain

Otsikko 3.4 on jätetty sivulle sisällysluettelon eheyden säilyttämiseksi

4. DOKUMENTOINTI

4.1. Kaapelointikaaviot ja riviliitinkaaviot

Jokaiselle OP1:n kyljessä sijaitsevalle liittimelle on suunniteltu testauskaappiin sitä vastaava kaapeli. Lisäksi testauskaapin kylkeen on sijoitettu liitin kauko-ohjaimen kaapelille.

Testauskaappiin on sijoitettu kiinteänä kaapelit W01, W2, W4, W6, W7, W20, W30 ja W50. Kaapeli W7 on kauko-ohjaimen ja testaustilanteen mukaan joko OP1:n tai testauskaapin välinen kaapeli. Muut kaapelit sisältävät johtimia testauksessa tarvittaville viesteille paitsi W01, joka on OP1:lle jännitteensyöttöä varten.

Kaikista kaapeleista on liitteessä nähtävillä kaapelointikaaviot, joissa on yksityiskohdaisesti esitetty, kuinka kaapelit kytketään testauskaapin riviliittimille. [Liite 3] Sama tieto voidaan nähdä myös riviliitinkaavioista. [Liite 1] Kaapelointikaavioista nähdään myös, miten kaapeleiden liittimet on kytketty. Jokaisen liittimen jokaiselle pinnille on annettu kirjaintunnus, jotta voidaan varmistaa, että kaapelit tulevat oikein kytke-tyiksi. Pinnitunnukset, niihin liitettävät johtimet ja johtimien kytkentä riviliittimillä on kuvattu kaapelointikaaviossa.

Logiikan ja RCP:n näytön välisestä sarjaliikenneyhteydestä on myös piirretty kytkentäkuva.

4.2. Piirikaaviot

Laitteen kaikista kytkennöistä on piirretty piirikaaviot, joista selviää muun muassa, mille liittimille kullekin laitteelle mitäkin on kytketty. Piirikaavioita lukemalla voi myös käyttäjä selvittää, miten laite toimii. [Liite 2]

4.3. Layout-piirustukset

Testauskaapista ja kaukosäätimestä on piirretty layout-piirustukset, joista nähdään, miltä ne näyttävät ulkoisesti. Näistä nähdään, kuinka merkkivalot ja kytkimet on sijoitettu. Layout-piirustukset ovat nähtävissä liitteenä. [Liite 4]

4.4. Osaluettelo

Laitteistoon kuuluvista komponenteista on tehty osaluettelo, jossa luetellaan komponenttien tunnus, kappalemäärä, nimi, tyyppi, tekniset tiedot, valmistaja, tuotenumero sekä mahdolliset lisämerkinnät. [Liite 5]

4.5. Kaapeliluettelo

Laitteiston kaapeleista on laadittu kaapeliluettelo, josta selviää, mistä kaapeli lähtee, mihin se menee, tyyppi, valmistaja, kaapelin numero sekä mahdolliset lisämerkinnät. [Liite 6]

4.6. Piirustusluettelo

Kaikista piirustuksista on laadittu piirustusluettelo tietyn piirustuksen löytämiseksi tarvittaessa. [Liite 7]

5. YHTEENVETO

Työssä tutustuttiin maali- ja tiedustelulennokkien laukaisuun tarkoitetun katapultin sähköiseen ohjausjärjestelmään ja erityisesti sen sähkökeskukseen ja kauko-ohjaimeen. Tästä saadun tiedon perusteella suunniteltiin testauslaitteisto, jolla katapultin sähköjärjestelmää voidaan testata ilman itse katapultin läsnäoloa. Testauslaitteisto suunniteltiin niin, että sen toiminta katapultin ohjausjärjestelmän (sähkökaappi ja kauko-ohjain) näkökulmasta on täysin vastaava todelliseen katapulttiin verrattuna.

Työn alkaessa asetetut tavoitteet täyttyivät: saatiin luotua ympäristö, jossa voidaan testata varaosiksi ympäri maailmaa lähteviä katapultin osia. Sähkökaapista voidaan testata ja todeta venttiilinohjauksien toimivuus sekä esimerkiksi, että anturitulot käsitellään oikein. Vastaavasti kauko-ohjaimen näytön ja merkkivalojen toiminta voidaan todeta testauslaitteiston avulla.

Tämän laitteiston kehitystyötä mahdollisesti jatketaan edelleen, sillä myös tähän testauslaitteeseen liittyvän katapultin kehitystyö jatkuu. Katapultin kokoonpanoa ja sen toimintaa saatetaan muuttaa, ja lähes varmasti jossain vaiheessa muutetaankin niin, että se vaatii jonkinlaisen muutoksen testausympäristöönkin.

LÄHTEET

Sähköiset lähteet:

1. Insinööritoimisto Comatec Oy [www-sivu]. [Viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: <http://www.comatec.fi>
2. Wikipedia – Pulse width modulation [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation
3. CAN – Ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: http://www.machina.hut.fi/kurssit/41/4190/CanPerusteet_Alanen2003.pdf
4. Wikipedia – American wire gauge [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: http://en.wikipedia.org/wiki/American_wire_gauge
5. Milcon Oy – AWG-muunnostaulukko [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: http://www.milcon.fi/pdf/muunnostaulukko_awg.pdf
6. Robonic Ltd Oy [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: <http://www.robonic.fi/>
7. Phoenix Contact – Online catalog [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: <https://eshop.phoenixcontact.fi/phoenix/>
8. Axiomatic – PWM converters [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: <http://www.axiomatic.com/signal-converter.pdf>
9. IFM Electronic ecomat 100 CR2500 [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: <http://www.ifm-electronic.com/ifmfin/web/dsfs!CR2500.html>
10. Murr Elektronik – Online Catalog [www-sivu]. [viitattu 7.6.2007]
Saatavissa: <http://onlineshop.murrelektronik.com/>

Painetut lähteet:

11. Rittal pääluettelo 31 – Katalogi, 2005
12. Insinööritoimisto Comatec Oy, yrityksen ABC 2005